
Desenvolvimento tecnológico na indústria do petróleo: o ambiente organizacional e seus aspectos habilitadores e inibidores da inovação

*Luiz Fernando Leite
Luís Eduardo Duque Dutra
Adelaide Maria de Souza Antunes*

RESUMO

São abordados, neste artigo, dois casos de desenvolvimento tecnológico relacionados ao aumento de produção do petróleo brasileiro e à busca de auto-suficiência no suprimento dessa importante fonte de energia e de seus derivados. Considera-se o contexto de negócio, faz-se um histórico e apresentam-se os principais resultados dos Programas Tecnológicos de Produção de Petróleo em Águas Profundas e de Tecnologias Estratégicas do Refino, no que tange à tecnologia de Craqueamento Catalítico Fluido de Resíduos (RFCC), desenvolvidos pela Petrobras. Com base em entrevistas com coordenadores de programa e projetos, gerentes, consultores e técnicos que tiveram expressiva participação nesses desenvolvimentos, analisam-se o ambiente interno à organização e seus os fatores habilitadores à geração dessas inovações, tomando-se por base os aspectos tradicionalmente citados na literatura. Procedese, também, a uma comparação entre os dois casos quanto à concordância em relação a esses aspectos. Na análise do ambiente organizacional, consideram-se os seguintes fatores: fator humano; recursos e infra-estrutura; processos de gestão; cidadania organizacional; valores e cultura.

Palavras-chave: gestão da inovação, gestão de tecnologia, gestão do conhecimento, trajetória tecnológica, trajetória de construção do conhecimento, aprendizado organizacional, clima organizacional, valores e cultura, desenvolvimento de tecnologia, gerenciamento de equipe, indústria do petróleo.

1. INTRODUÇÃO

São tratados, neste artigo, dois casos relevantes de desenvolvimento de tecnologia que mostram como a Petrobras, por meio de seu Sistema Tecnológico, enfrentou desafios da área produtiva que se impuseram a seu negócio. Esses casos estão relacionados ao aumento de produção de petróleo brasileiro

Os autores agradecem a participação nas entrevistas dos colegas da Petrobras e da Fábrica Carioca de Catalisadores S.A., que são citados neste artigo.

Recebido em 01/dezembro/2004
Aprovado em 26/junho/2006
Atualizado em 11/setembro/2006

Luiz Fernando Leite, Engenheiro Químico e MBA em Administração pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, *Mgmt of ReD and Technology-Based Innovation* pelo MIT e Pós-Graduação em Gestão Estratégica do Conhecimento e Inteligência Empresarial pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná, é Doutorando da Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro (CEP 21949-900 — Rio de Janeiro/RJ, Brasil) e Coordenador de Tecnologia do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro pela Petrobras.
E-mail: lleite@petrobras.com.br
Endereço:
Petróleo Brasileiro S.A.
Abastecimento — Petroquímica
Avenida Chile, 65 — Sala 904
Centro
20031-912 — Rio de Janeiro — RJ

Luís Eduardo Duque Dutra, Bacharel em Economia pela Universidade de Brasília, Doutor em Ciências pela *Université Paris Nord*, é Professor da Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro (CEP 21949-900 — Rio de Janeiro/RJ, Brasil) e Assessor da Diretoria Geral da Agência Nacional de Petróleo (ANP).
E-mail: ldutra@anp.gov.br

Adelaide Maria de Souza Antunes, Engenheira Química e Doutora em Ciências pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Pós-doutorado pelo *Institut Français du Pétrole*, é Professora da Escola de Química da UFRJ (CEP 21949-900 — Rio de Janeiro/RJ, Brasil) e Coordenadora do Sistema de Informação sobre a Indústria Química (SIQUIM).
E-mail: adelaide@eq.ufrj.br

e à busca da auto-suficiência no suprimento dessa importante fonte de energia e de seus derivados.

O primeiro caso refere-se à produção de petróleo em águas profundas, devido à característica de formação geológica das bacias sedimentares brasileiras em que as grandes reservas se encontram em profundidades superiores a 600 metros de lâmina d'água. Isso obrigou a Petrobras a desenvolver tecnologia própria, pois, até então, não existia tecnologia comercialmente disponível em nível mundial.

O segundo está relacionado ao refino desse petróleo que, por ser de natureza mais pesada, dificulta seu processamento. Dadas as características dos petróleos domésticos, é necessário maior capacidade de conversão de frações residuais de refino e para tal foi desenvolvido o processo de Craqueamento Catalítico Fluido de Resíduos (RFCC), objetivando adequar, ao menor custo, as instalações de refino existentes para um perfil de produção de derivados mais aderente ao demandado pelo mercado brasileiro.

Neste estudo, serão analisados, principalmente, o ambiente interno à organização e os seus fatores habilitadores à geração dessas inovações. Apesar de ambos os casos terem sido desenvolvidos dentro da mesma empresa, existe cultura bem diferenciada entre as áreas de Exploração e Produção e de Abastecimento, o que certamente influenciou de maneira diferente o processo de geração dessas tecnologias.

Os parâmetros escolhidos para análise são aqueles tradicionalmente citados na literatura sobre o assunto. O método adotado neste trabalho foi o de pesquisa de campo, sendo realizadas entrevistas com coordenadores de programa e projetos, gerentes, consultores e técnicos que tiveram expressiva participação nesses desenvolvimentos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO-CONCEITUAL

O processo de inovação é complexo e influenciado por fatores internos e externos da empresa. O sucesso depende do cenário socioeconômico e de aspectos de mercado e do ambiente interno da empresa, tais como situação macroeconômica, contexto social, sistema educacional, políticas públicas, setor produtivo, tipo de produto (tempo de vida do produto, nível de concorrência e nível de diferenciação) posicionamento no mercado, facilidade de parcerias, recursos disponíveis, capacitação, base tecnológica, modelo de gestão (aceitação do risco, sistema de recompensa e punição etc.) e clima organizacional.

Não se tratará do macroambiente, como seus aspectos socioeconômicos e políticas públicas, bem como não se pretende a concentração em fatores do ambiente-tarefa, como característica de produtos, mercado etc. Privilegiaram-se os aspectos organizacionais e como a Petrobras gerou e utilizou recursos e capacitações de modo a inovar e superar desafios tecnológicos. Conceitualmente, esta análise focou-se na visão baseada em recursos (RBV), que tem suas origens em Penrose (1959). Através do ambiente interno à organização — recursos,

processos, cultura e capacitações —, é criada a competência distintiva, proporcionando o diferencial competitivo que habilita a empresa a auferir ganhos significativos em seu setor econômico (BARNEY, 1996; COLLIS e MONTGOMERY, 1995; TEECE, PISANO e SCHUEN, 1997). Na visão de Prahalad e Hamel (1990) e Hamel e Prahalad (1995), a empresa necessita desenvolver suas competências essenciais, de modo a posicionar-se bem no ambiente competitivo e, além disso, ser capaz de regenerar suas estratégias centrais, criando novos recursos e definindo novos padrões de atuação para seu setor. Pode-se dizer que a Petrobras atingiu esse patamar ao viabilizar a produção de petróleo em águas profundas, obtendo incontestável posição de liderança nessa área. Ademais, na área de craqueamento catalítico fluido (FCC), o estudo de Azevedo (2003) mostrou que a rentabilidade média das unidades de FCC da Petrobras supera em US\$ 1 por barril processado a média das unidades norte-americanas, tomando-se por base dados da Solomon Consultants.

A visão baseada em recursos enfatiza as capacitações específicas de uma empresa e da existência de um mecanismo isolado como determinante fundamental do desempenho da empresa (PENROSE, 1959; RUMELT, 1984; TEECE, 1984; WERNERFELT, 1984). Esse aspecto reveste-se de maior significado, no caso em estudo, pois lida-se com desenvolvimento de tecnologia e inovação, o que é extremamente dependente da trajetória de desenvolvimento da organização (BARNEY, 1996; TEECE, PISANO e SCHUEN, 1997; TIDD, BESSANT e PAVITT, 1997; DOSI, 1988). O histórico que será feito sobre os dois programas tecnológicos relata a trajetória tecnológica que foi seguida pela Petrobras.

Na literatura especializada — como Tidd, Bessant e Pavitt (1997), Leonard-Barton (1995), o *website* Innovation DNA (2004), além do documento interno de Pesquisa de Ambiente Organizacional da Petrobras — são citados como fatores influentes do ambiente organizacional para a geração de conhecimento e de inovações os seguintes aspectos:

- fator humano;
- recursos e infra-estrutura disponíveis;
- processos de gestão;
- cidadania organizacional;
- valores e cultura empresarial.

Desse referencial foram selecionados os parâmetros de análise aplicados no estudo, como capacitação e treinamento, compromisso, salários, estímulo ao risco, confiança etc.

3. METODOLOGIA

Vergara (2000) classifica as pesquisas sob dois aspectos: quanto aos meios — de campo, de laboratório, documental, bibliográfica, experimental, *ex post facto*, participante, pesquisa-ação e estudo de caso; e quanto aos fins — exploratória, descritiva, explicativa, metodológica, aplicada e intervencionista.

Sob essa taxonomia a presente pesquisa caracteriza-se, quanto aos meios, em:

- pesquisa de campo — foram realizadas entrevistas com gerentes e técnicos envolvidos nos projetos;
- *ex post facto* — na pesquisa focaram-se atividades e projetos concluídos e implantados;
- estudo de caso — o trabalho propõe estudar casos de desenvolvimento de inovações realizados pela Petrobras.

Com o intuito de analisar os aspectos presentes no ambiente em que se desenvolveram as atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D) para viabilizar a produção de petróleo em águas profundas, foram entrevistados alguns profissionais que contribuíram relevantemente para a consecução desse objetivo, entre eles: Marcos Assayag, ex-coordenador do Programa de Capacitação Tecnológica em Sistemas de Exploração para Águas Profundas (Procap), atualmente gerente-geral de Engenharia Básica; Marcus Vinícius Schornbaum Coelho, ex-assistente do Procap; Luiz Felipe Bezerra Rego, gerente de Tecnologia de Engenharia de Poço; Cezar Augusto Silva Paulo, gerente de Tecnologia Submarina; Luís Cláudio Souza Costa, consultor sênior da Gerência de Tecnologia de Materiais, Equipamentos e Corrosão.

Graças ao sucesso do Procap, a produção em águas profundas e ultraprofundas vem aumentando proporcionalmente em relação à produção total.

No caso da tecnologia de RFCC, alguns dos profissionais que tiveram participação expressiva nesse desenvolvimento foram: Fernando César Barbosa, ex-diretor da Fábrica Carioca de Catalisadores e atual presidente da Analytical Solutions; Marcos Godinho Tavares, gerente de Tecnologia e Serviços Técnicos da FCC S.A.; Oscar Chamberlain Pravia, gerente de Tecnologia de FCC do Centro de Pesquisas da Petrobras (Cenpes); José Geraldo Furtado Ramos, consultor sênior e líder do Grupo de FCC da Engenharia Básica do Cenpes; José Antônio Moreno Castillero, engenheiro de Processamento Pleno do Abastecimento — Refino e coordenador da Comunidade de Craqueamento.

Há grande número de outros profissionais que contribuíram significativamente para o sucesso desses desenvolvimentos, mas não se pretendeu ser abrangente, por isso foi selecionado um grupo bem representativo e que ocupou distintas posições hierárquicas.

Voltando à categorização da pesquisa, quanto aos fins ela se caracteriza como:

- pesquisa exploratória — a investigação trata de uma questão pouco explorada, um estudo de caso brasileiro sobre o ambiente de inovação em uma organização da área de petróleo;
- pesquisa descritiva — o relato dos dois casos, particularmente, pretende expor as características existentes nessas áreas de conhecimento.

4. PRIMEIRO CASO: A PRODUÇÃO DE PETRÓLEO EM ÁGUAS PROFUNDAS

4.1. A importância para a auto-suficiência do País

Na década de 1980, os trabalhos de exploração de petróleo na costa brasileira, que resultaram na descoberta dos campos gigantes de Albacora, em 1984, e de Marlim, em 1985, ambos na bacia de Campos, impuseram à Petrobras o desafio de produzir petróleo em lâmina d'água superior a 600 metros, pois na época não havia tecnologia disponível e comprovada comercialmente em nível mundial. As reservas desses dois campos correspondiam a quase três bilhões de barris, o que era significativamente maior que as reservas nacionais até então existentes.

A empresa voltou-se para a tarefa de desenvolver tecnologia para produzir petróleo em águas profundas em 1986, criando o Programa de Capacitação Tecnológica em Sistemas de Exploração para Águas Profundas (Procap). O surgimento desse programa deu-se devido ao aumento considerável das reservas de petróleo em águas profundas, o que veio a comprovar sua real necessidade. Graças ao sucesso do Procap, a produção em águas profundas e ultraprofundas vem aumentando proporcionalmente em relação à produção total: de 1,7%, em 1987, para mais de 60%, no final de 2000. Atualmente a Petrobras produz 1,8 milhão de barris por dia no Brasil, dos quais cerca de 75% são provenientes de águas profundas e ultraprofundas.

4.2. A história do Procap

4.2.1. A primeira fase: Procap — 1000

A primeira fase, que compreendeu o período de 1986 a 1991, teve como objetivo promover a capacitação técnica da empresa e realizar a extensão das tecnologias aplicadas às águas rasas na produção de petróleo e gás natural em águas com profundidade de até 1.000 metros, visando ao desenvolvimento dos campos de Albacora e Marlim. Foram executados 109 projetos interdisciplinares, cujo principal resultado foi a plena capacitação tecnológica no uso de Sistemas Flutuantes de Produção baseados em plataformas semi-submersíveis, que permitiu à Petrobras produzir nessa lâmina d'água.

Dentre os vários projetos, destacavam-se: o desenvolvimento de critérios e métodos de projeto de *risers* para a completação de poços⁽¹⁾ e a produção de petróleo; o projeto básico da árvore de natal molhada⁽²⁾ para águas profundas (patente BR PI 01033428 0); e o desenvolvimento de plataformas flutuantes juntamente com a indústria nacional (patente BR PI 9005039 8).

Os sistemas de produção foram divididos em dois grupos de projetos. O primeiro grupo abrangia uma linha de extensão tecnológica, cuja viabilidade técnica já estivesse comprovada para águas rasas com necessidade de aperfeiçoamento para

águas profundas. O segundo contemplava uma linha de projetos de inovação tecnológica, como: plataformas de pernas atirantadas⁽³⁾ (patente BR PI 9303646 9); torres complacentes⁽⁴⁾; sistema de bombeio multifásico submarino (patente BR PI 0103443 0); e sistema flutuante de produção com semi-submersível com completação seca (patente BR PI 9001182 1).

O programa foi concluído em 1991, tendo como principal produto o projeto do Pré-piloto de Marlim, que entrou em operação naquele mesmo ano, possibilitando a empresa, posteriormente, ganhar o Prêmio de Mérito Tecnológico da Offshore Technology Conference (OTC) do ano de 1992, em Houston – Texas, Estados Unidos da América.

4.2.2. A segunda fase: Procap – 2000

Os resultados obtidos no primeiro programa e as novas descobertas, em águas ainda mais profundas, levaram à criação de um novo programa, o Procap – 2000, Programa de Inovação Tecnológica da Petrobras para Sistemas de Exploração em Águas Profundas. De características mais ambiciosas do que o anterior, esse programa compreendeu o período de 1993 a 1999, englobando um total de 20 projetos sistêmicos que abrangiam as tecnologias essenciais para que a companhia atingisse suas metas de produção. O programa apresentou um viés de inovação muito mais forte do que o do anterior, estando na fronteira do conhecimento em muitos projetos (ASSAYAG *et al.*, 1997). Entre suas principais realizações podem-se citar:

- Projeto e execução de um Poço de Grande Afastamento (ERW) para Marlim (patentes BR PI 87000104 7, PI 0203714 9, PI 8900855 3, PI 0204030 0 e PI 0305956 1).
- Desenvolvimento de equipamentos submarinos para águas profundas: árvores de natal horizontais para 2.500 metros de lâmina d'água; poços Slender⁽⁵⁾ para águas ultraprofundas. Há mais de 300 aplicações na Bacia de Campos, reduzindo assim o tempo de perfuração e economizando custos logísticos.
- Desenvolvimento, instalação e operação de uma Bomba Centrífuga Submersa Submarina (ESP) em águas profundas. Em operação na plataforma P-25 desde junho de 1998.
- Desenvolvimento de Sistema de Separação Submarina — Sistema de Bombeamento e Separação Anular Vertical (VASPS) concebido em conjunto com ENI-Agip, Mobil e União Européia. Foi instalado no poço na plataforma P-8, no campo de Marimba, e está em plena operação.
- Desenvolvimento de métodos para prever, prevenir e reduzir depósitos de parafina e hidratos em linhas de escoamento e equipamentos submarinos, tais como: dispositivos de limpeza de dutos (*pigging devices*) (patentes BR PI 0203422 e PI 0304793 8); inibidores químicos; SGNTM, uma tecnologia que utiliza *in situ* uma reação química exotérmica⁽⁶⁾ para dissolução de depósitos de parafina (patentes BR PI 93011717 7 e PI 9700727 7); estudos de depósitos de hidrato em fluxo multifásico; técnicas para a localização e a dis-

solução de depósitos em dutos submarinos (patentes PI 9705101 2 e PI 0205487 6).

- Desenvolvimento de tecnologia para amarração e ancoragem de sistemas de perfuração, produção e transbordo até 2.000 metros de lâmina d'água, como sistemas de pernas laterais tensionadas, com o uso de cabos de fibra de poliéster (patentes BR PI 0001345 5, PI 0004758 9, PI 8803429 1, PI 9703101 1, PI 9103336 5).
- Desenvolvimento do Sistema de Ancoragem de Complacência Diferenciada (DICAS) que consiste, basicamente, em um sistema de ancoragem convencional com diferentes graus de rigidez na popa e na proa da embarcação, para uso em instalações flutuantes (patente BR PI 9506067 7).
- Desenvolvimento e instalação de uma nova estaca de queda livre, denominada estaca **torpedo**, para a fixação ao solo de linhas flexíveis de escoamento ligadas a unidades de produção. Atualmente aplicada em mais de 200 instalações (patente BR PI 0305833 6).
- Desenvolvimento de *risers* flexíveis para águas profundas, linhas de escoamento, umbilicais e conexões submarinas para 1.500 metros de lâmina d'água.
- Desenvolvimento, instalação e operação do Sistema de Conexão Vertical para interligar linhas flexíveis de escoamento às árvores submarinas e *manifolds*. Em utilização desde 1992, com centenas de operações bem-sucedidas na Bacia de Campos.
- Desenvolvimento e instalação de um *Riser* Rígido em Catenária (SCR)⁽⁷⁾, usado pela primeira vez na plataforma semi-submersível de produção P-18, no campo de Marlim, em setembro de 1999.

Esse programa terminou em 1999, tendo como grande produto o Projeto da Plataforma de Produção de Roncador, o que propiciou à empresa, pela segunda vez, ser agraciada com o Prêmio de Mérito Tecnológico da OTC, no ano de 2001.

4.2.3. O atual programa: Procap – 3000

Para colocar em produção os campos já descobertos em águas profundas, bem como o potencial de novas descobertas em lâminas d'água de até 3.000 metros, foi lançado o Procap – 3000, Programa Tecnológico de Desenvolvimento em Exploração de Águas Ultraprofundas, que tem como objetivo prover e antecipar soluções tecnológicas que:

- contribuam para viabilizar, técnica e economicamente, a produção dos campos de Marlim Leste, Albacora Leste e Jubarte e das próximas fases de Roncador e Marlim Sul;
- viabilizem a produção de novas descobertas em lâminas d'água de até 3.000 metros;
- possibilitem a redução da parcela do Custo Total Unitário do Petróleo Extraído (Coboe) referente aos investimentos de produção, no Brasil e no Exterior, acima de 1.000 metros de lâmina d'água;

- contribuam para a redução do Custo de Extração (CE) dos campos em produção.

O Procap – 3000 tem 22 projetos sistêmicos que focalizam tecnologias estratégicas para os cenários de águas ultraprofundas da empresa. A execução da carteira de projetos está em pleno andamento, com perspectivas tão promissoras quanto aquelas atingidas pelos programas anteriores (SALIES, 2003).

A figura 1 ilustra uma série de recordes relativos à profundidade da lâmina d’água das instalações marítimas de produção de petróleo, colocadas em operação pela Petrobras. Para fins ilustrativos, é feita uma comparação com a altura da estátua do Cristo Redentor do Corcovado, no Rio de Janeiro.

5. SEGUNDO CASO: A TECNOLOGIA DE CRAQUEAMENTO CATALÍTICO FLUIDO⁽⁸⁾

5.1. A sua importância no esquema de refino

A maior parte das refinarias brasileiras foi construída nas décadas de 1960 e 1970. Elas foram concebidas para processar petróleos importados, pois, na época, a produção doméstica era incipiente. Com o aumento significativo da produção bra-

sileira de petróleo, o parque de refino sentiu a necessidade de dispor de maior capacidade de unidades de conversão, devido às características do óleo nacional, que é mais pesado.

A principal unidade de conversão do refino brasileiro é o Craqueamento Catalítico Fluido (FCC). Existe pelo menos uma unidade em cada refinaria, perfazendo hoje um total de 14 unidades no País. Elas foram implantadas com a aquisição de tecnologias de licenciadores internacionais, exceto as três últimas unidades construídas, destinadas ao processamento de cargas que contêm resíduo, cujos projetos de engenharia básica e executiva foram totalmente nacionais.

A unidade de FCC tem a importante função de converter gásóleo pesado de vácuo⁽⁹⁾ em frações mais leves, na faixa de combustíveis como o GLP (gás de cozinha), a gasolina e o diesel. Isso propicia melhor adequação ao perfil de demanda de derivados. Esse tipo de unidade, se adaptados seu processo e catalisador, poderá processar cargas compostas com a adição de algumas frações residuais do refino. Nesse caso, passam a ser chamadas de unidades de RFCC.

No início da década 1980, devido ao segundo choque do petróleo que incitou o uso de energias alternativas e provocou uma recessão, aliado ao fato de estar aumentando a produção e o processamento de petróleos nacionais mais pesados, o

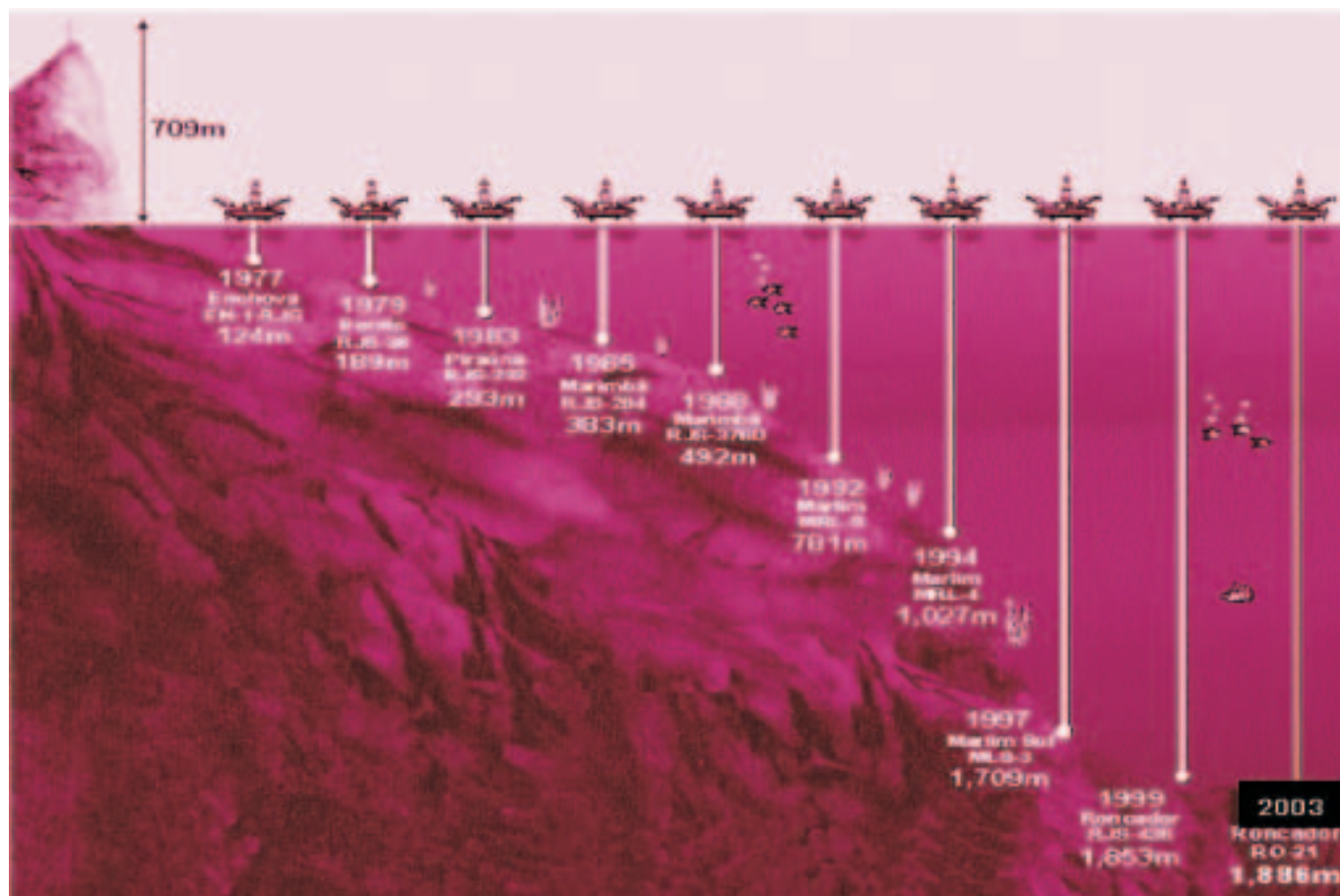


Figura 1: Recordes de Profundidade das Instalações de Produção Offshore da Petrobras

Brasil passou a ter um excesso de disponibilidade de óleo combustível. Foi criado, então, o Programa Fundo de Barril, que visava maximizar a conversão das frações residuais do petróleo, obtendo rendimento maior de combustíveis nobres. A adição de frações residuais à carga das unidades de FCC até então não era praticada, constituindo-se esta basicamente de gasóleo pesado de vácuo. Como existia uma folga de capacidade nas unidades de FCC, essas naturalmente foram escolhidas para processar o excesso de resíduo de vácuo, corrente majoritária do *pool* de óleo combustível.

A Petrobras tem hoje posição de liderança nessa prática, pois a média nacional de adição de correntes residuais ao FCC aproxima-se de 30%, valor muito maior do que a média mundial. Isso resulta em ganho de cerca de um dólar por barril processado, o que corresponde atualmente a mais de US\$ 500 mil por dia de rendimento adicional no complexo de refino brasileiro.

5.2. A trajetória de construção do conhecimento

A trajetória de construção do conhecimento sobre craqueamento catalítico na Petrobras compreendeu, basicamente, quatro fases: aprendizado operacional, aquisição, consolidação e de domínio. A figura 2 mostra a evolução do conhecimento sobre a tecnologia de FCC na Petrobras ao longo do tempo.

5.2.1. Fase de aprendizado operacional (*learning-by-using*)

A primeira etapa, a fase de aprendizado operacional, caracterizou-se pela compra da tecnologia de tradicionais licenciadores e sua implementação nas refinarias, por meio de construção e montagem das unidades comerciais e da capacitação do corpo técnico da companhia para o início e a operação delas (LEITÃO, 1985). O foco foi dado à continuidade operacional e à acumulação de conhecimento, objetivando atingir um elevado padrão de operação.

Concomitantemente, a Empresa criou o seu Centro de P&D e implantou alguns laboratórios e plantas-piloto para apoiar os trabalhos na área de FCC. Posteriormente, foi criada a Superintendência de Engenharia Básica, que objetivava facilitar a concretização das atividades de P&D e a agilização de sua colocação no meio produtivo.

5.2.2. Fase de aquisição (*learning-by-doing*)

Como um marco para o início desta fase, pode-se escolher a assinatura do Acordo de Cooperação Técnica com a Pullman Kellogg, em 1977. Esse acordo estabelecia as condições de colaboração em P&D e projetos conceituais em alguns processos de refino, priorizando a área de craqueamento catalítico fluido. A Kellogg comprometia-se a fornecer pessoal quali-

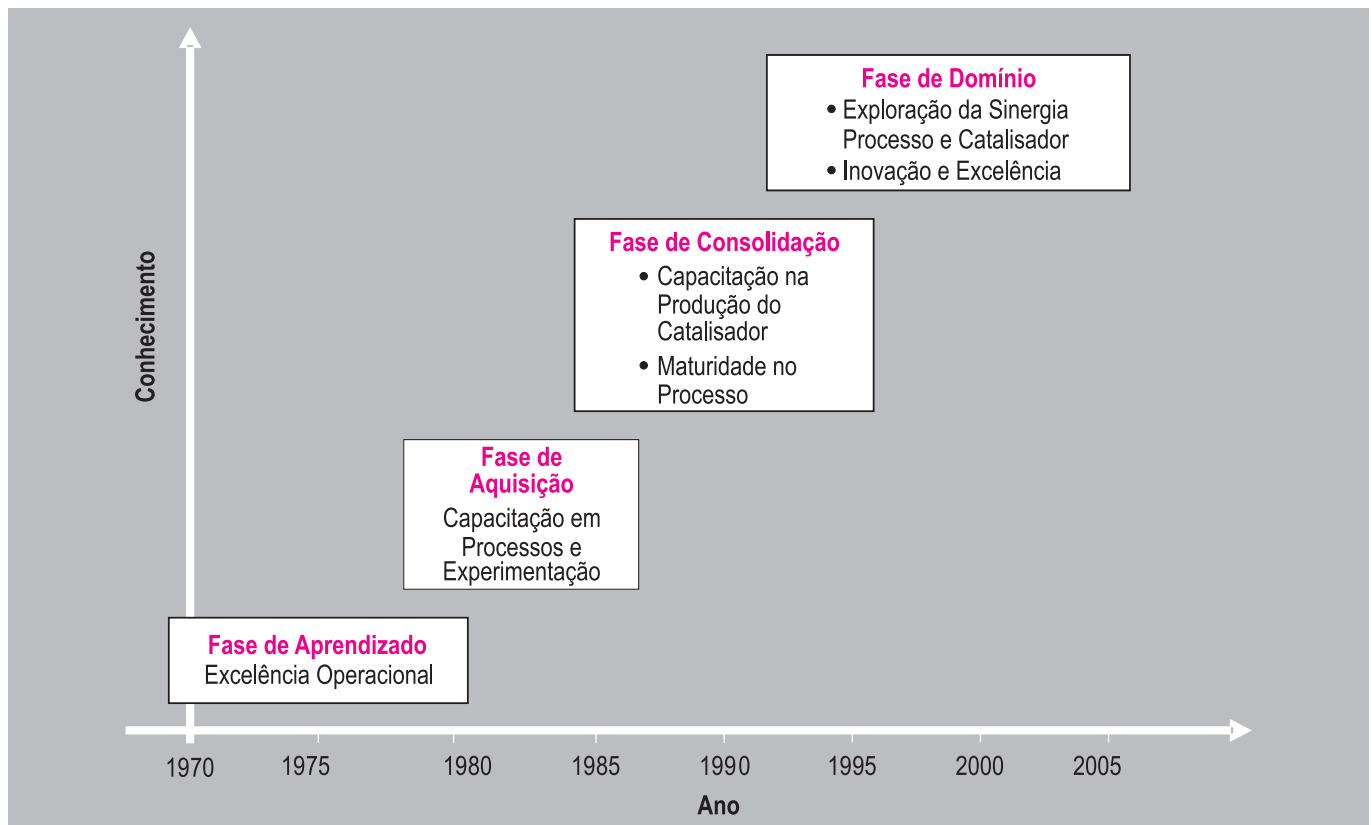


Figura 2: Evolução do Conhecimento sobre a Tecnologia de FCC na Petrobras

ficado para efetuar a transferência de tecnologia à Petrobras e prestar assistência a um projeto básico de FCC, que seria executado conjuntamente no Cenpes.

Operacionalmente, o que caracterizou uma mudança significativa nessa nova fase foi a necessidade de craquear cargas mais pesadas. Assim, a operação começa a ousar, a explorar seus limites. As ferramentas de captação de informação e conhecimento expandem-se e diversificam-se, fazendo uso intenso de literatura técnica, convênios com projetistas, consultorias, assessoria técnica a projetos, assessoria de fabricantes de catalisadores, seminários internos e externos, intercâmbio internacional, apropriação sistemática da experiência operacional, pesquisa de processo e de catalisadores em laboratórios e plantas-piloto, e experimentação, no nível operacional, de melhorias de processo e catalisadores (CASTILLERO *et al.*, 1994). Um aspecto determinante para o sucesso dessa etapa e das subseqüentes foi a atuação integrada das equipes de P&D, projeto básico, engenharia, operação e inspeção de equipamentos.

5.2.3. Fase de consolidação

Esta fase começa com a decisão estratégica da Petrobras de ampliar seu escopo de atuação, entrando na produção de catalisadores de craqueamento catalítico. Foram estabelecidos vários acordos com a Akzo Nobel, atualmente Albemarle, com o objetivo de implantar uma unidade de fabricação de catalisadores, a Fábrica Carioca de Catalisadores S.A., na zona industrial de Santa Cruz, Rio de Janeiro. Esses instrumentos compreendiam: um acordo entre Petrobras, Akzo Nobel e Oxiteno, que estabelecia as bases societárias e criava a *joint venture* FCC S.A.; um acordo de Cooperação em P&D, que contemplava uma etapa inicial de transferência de tecnologia na área de formulação, preparo, caracterização e avaliação de catalisadores; e um acordo que englobava projeto básico e assistência técnica à pré-operação e partida da nova unidade produtiva.

Em paralelo, o conhecimento na área de processo foi aprofundado significativamente. A equipe de projetos da Engenharia Básica consolidou sua capacitação, tornando-se apta a projetar integralmente uma unidade de FCC. A Petrobras executou, então, projetos de modernização em todas as unidades de seu parque de refino. Outro fato importante foi a implantação da Unidade Multipropósito de FCC, nas instalações da Unidade de Negócio Six, em São Mateus do Sul, Paraná. Essa unidade tem escala protótipo, isto é, possui capacidade maior do que a das unidades-piloto existentes no Cenpes, pois visa estudar parâmetros de engenharia para gerar dados para os projetos básicos dessa tecnologia.

Na operação, atinge-se uma fase de plena maturidade, desenvolvendo simuladores e otimizadores de processo aplicáveis à previsão de rendimentos, ao planejamento da produção, às modificações e ao controle avançado das unidades. Passa-se a conhecer melhor a interação processo–equipamento–catalisador, gerando melhores resultados comerciais (CASTILLERO *et al.*, 1994).

Ao longo do tempo, a Petrobras aumentava a produção de petróleo domésticos, principalmente do tipo Cabiúnas, que requeriam algumas adaptações do parque de refino nacional para seu processamento de modo econômico. As novas descobertas apontavam para petróleos ainda mais pesados, tipo Marlim, que produziram quantidades significativas de resíduo de vácuo, além de trazerem outros problemas ao refino, como maior acidez naftênica⁽¹⁰⁾, instabilidade de alguns derivados etc.

5.2.4. Fase de domínio — criação do Proter

O refino sentia a necessidade de preparar-se melhor para o processamento majoritário de petróleos domésticos que tinham características distintas dos petróleos até à época importados. Foi criado, então, o Programa de Tecnologias Estratégicas do Refino (Proter), em 1995, cujo principal objetivo era viabilizar o processamento de petróleo nacional de modo competitivo, com ênfase na conversão de frações residuais.

Na área de FCC, ou melhor, de RFCC, a meta era desenvolver um conversor Petrobras para o processamento de cem por cento de resíduo atmosférico (gasóleo + resíduo de vácuo) de petróleo pesado da Bacia de Campos. Foi composta uma carteira de projetos de P&D que contemplava a adaptação da tecnologia convencional ao processamento de resíduos e melhorias de distintos componentes do conversor de FCC. Também eram requeridas melhorias na formulação dos catalisadores, de modo a obter-se aumento de atividade e de seletividade para o processamento de cargas mais pesadas.

Essa fase foi coroada com uma série de inovações em diversos itens do conversor de FCC, os quais foram sendo introduzidos e testados separadamente nas unidades comerciais existentes, ao longo do tempo. As inovações que foram sendo consolidadas e adotadas como um novo padrão de projeto da empresa, quando aplicadas conjuntamente, resultaram em uma nova concepção de projeto para o processamento de frações residuais em um FCC, gerando a tecnologia *Petrobras Advanced Converter Residue Cracking* (PAC^{RC}) (FUSCO *et al.*, 2000).

5.3. Descrição e desenvolvimento das inovações

O PAC^{RC} engloba as seguintes inovações tecnológicas (LEITE *et al.*, 2002):

- Tecnologia proprietária de ciclones fechados, *Petrobras Advanced Separation System* (PASS), que possibilita a rápida separação dos efluentes de reação do catalisador gasto, evitando o sobrecraqueamento da gasolina e reações secundárias indesejáveis. Isso resulta em aumento do rendimento de gasolina em até 5% em peso (patentes US 5.665.949 e US 5.569.435).
- Injetor de carga patenteado Ultramist, que emprega vapor a velocidade extremamente elevada para produzir uma névoa fina de gotículas de óleo, facilitando um íntimo contato entre carga e catalisador, resultando em aumento de rendimento de gasolina e GLP e trazendo ganhos de 15 centavos de dólar por barril processado (patente WO 01/44406).

- Projeto otimizado do *riser*, o reator de FCC, via estudos fluido dinâmicos, que resultou em aumento de rendimento em produtos nobres, pela redução de pulsação e distribuição mais homogênea de catalisador.
- Simulador / otimizador proprietário SIMCRAQ^{OT}, que engloba as distintas características e dispositivos do processo de FCC implementados na empresa.
- Sistema catalítico para processamento de resíduos (patentes BR PI 9704925, PI 0100680 e WO 02/066163). Consiste em uma nova formulação, que aplica três partículas de catalisador com distintas funções.
- Uso de aditivo à base de ZSM-5⁽¹¹⁾, visando ao aumento da produção de GLP e olefinas leves, adaptado para o processamento de resíduos (patentes BR PI 8506248 e BR PI 8606367);
- Desenvolvimento de matrizes especiais para captura de metais pesados, que resultam em melhoria da atividade, redução da produção de gás combustível e coque e aumento do rendimento de produtos nobres (patente US 6.319.393).
- Nova tecnologia Amethyst, que resulta em aumento significativo de acessibilidade do catalisador, o que proporciona aumento na conversão e redução do rendimento de coque. Recentemente testada no RFCC da Refinaria de Capuava (RECAP), possibilitou o aumento de 6% em volume de carga processada, o que corresponde a um ganho adicional de US\$ 28 milhões por ano.
- Otimização de ciclones, para redução de emissão de material particulado pela chaminé da unidade e para evitar perda do inventário de catalisador (patente CA-2.396.183).
- Melhorias mecânicas e novos dispositivos, como a junta deslizando de sangria para o PASS que, associada a um exclusivo sistema de dutos coletores de gás, evita a deposição de coque no Vaso Separador, garantindo maior confiabilidade às unidades e proporcionando campanhas operacionais mais longas (patente PI-0204737 3).

A combinação dessas melhorias e inovações tornou possível os projetos de três novas unidades de RFCC, as quais processam resíduo atmosférico sem pré-tratamento algum:

- Refinaria de Capuava (RECAP), São Paulo — capacidade de 3.000 metros cúbicos por dia de resíduo atmosférico de petróleo Albacora. Posta em marcha em dezembro de 1999.
- Refinaria Landulpho Alves de Mataripe (RLAM), Bahia — capacidade de 10.000 metros cúbicos por dia. Posta em marcha em abril de 2001.
- Refinaria Alberto Pasqualine (REFAP), Rio Grande do Sul — capacidade de 7.000 metros cúbicos por dia. Recentemente posta em marcha, em agosto de 2006.

As unidades em operação processam cargas residuais extremamente refratárias ao craqueamento, com teor elevado de Resíduo de Carbono Conradson⁽¹²⁾, atingindo até 8%. Apesar disso, apresentam elevados níveis de conversão e rendimento

de gasolina. As três unidades proporcionam rendimento de US\$ 330 milhões por ano, pelo fato de processarem cargas de baixo valor econômico, sendo o tempo de retorno do investimento de aproximadamente dois anos.

6. AMBIENTE ORGANIZACIONAL: ASPECTOS HABILITADORES E INIBIDORES DA INOVAÇÃO

Collins e Porras (1995) afirmam que as empresas feitas para durar são visionárias e buscam o envolvimento de seus empregados com vistas à obtenção de melhores resultados. Gundling (2000), da 3M, afirma que é através da inovação constante que a empresa cria valor a longo prazo. Portanto, um ambiente propício à inovação é fator primordial para o sucesso sustentável de uma empresa. Os dois bem-sucedidos casos de desenvolvimento de tecnologia apresentados são, então, comparados quanto aos fatores facilitadores e inibidores presentes no ambiente da organização. Os parâmetros de análise foram selecionados com base na literatura especializada, como já mencionado.

Embora existam muitas diferenças entre esses dois desenvolvimentos — como ambiente-tarefa, porte do projeto, período de execução, rota de desenvolvimento e nível dos resultados —, o que se pretende é analisar os aspectos que influenciaram a geração dessas inovações. Por outro lado, ambos os programas desenvolveram-se dentro da Petrobras e isso também define um contexto de igualdade para uma série de outros fatores, como a visão de longo prazo, as políticas de Recursos Humanos, a preexistência de uma estrutura de P&D etc.

Quanto à concordância em relação aos aspectos facilitadores e inibidores, para os dois casos em estudo, o panorama apresenta-se da forma a seguir exposta.

- **Muita concordância** (quando quatro ou cinco entrevistados de cada área relataram aspectos semelhantes):
 - Compromisso
 - Característica pessoal — iniciativa, curiosidade e paixão
 - Recursos físicos
 - Ligação com a estratégia
 - Ferramentas de gestão
 - Salários
 - Reconhecimento e recompensa
 - Confiança
 - Estímulo ao risco
 - Desafio e incerteza
 - Estímulo à participação
 - Espírito de equipe
 - Aprendizagem contínua
 - Desapego às idéias
- **Parcialmente concordante** (quando três ou menos entrevistados de cada área relataram aspectos semelhantes):
 - Capacitação e treinamento
 - Criação de massa crítica

- Consultorias e convênios
- Liderança
- Governança
- Gestão do conhecimento
- Flexibilidade e reação às mudanças

- **Discrepante** (quando não houve semelhança de relatos entre as áreas):
 - Alianças, parcerias e recursos de terceiros

Detalha-se a seguir a análise para cada fator influente na geração de inovações.

6.1. Fator humano

A capacitação do corpo técnico é vista por vários autores e estudiosos da área como o elemento crucial para a geração de inovações. Quem gera as inovações é o homem, e o conhecimento e a experiência são essenciais para que os *insights* criativos aconteçam. Em ambos os casos em estudo, realizou-se investimento em capacitação e treinamento do pessoal quando necessário, mas de modo distinto, pois o Procap não criou um programa especial para a capacitação do pessoal, embora a área de Exploração & Produção tenha praticado muito, em período anterior, a modalidade de pós-graduação para especializar seu corpo técnico. Já na área de FCC, em alguns momentos foi realizado esforço concentrado de capacitação, por meio da transferência de tecnologia na Engenharia Básica e, na época da formação da Divisão de Catalisadores e da FCC S.A., por intermédio de um programa junto à Akzo Nobel. Em contrapartida, na área do Abastecimento não houve o movimento de estimular a pós-graduação de sua equipe.

A captação e a formação de massa crítica para as equipes que atuaram nesses desenvolvimentos também diferem em alguns aspectos. No caso do Procap, havia um contingente interno que foi arrematado para trabalhar de modo matricial nos projetos, além da utilização de recursos de terceiros. Foi estimulada a formação e a capacitação de grupos externos à empresa, principalmente nas universidades brasileiras, para prestar serviços ao programa. No caso do FCC, praticamente se usou o contingente técnico da empresa para trabalhar nos projetos e, quando da criação da Divisão de Catalisadores e da FCC S.A., foram admitidos e treinados novos empregados. Nesse caso, os desenvolvimentos tecnológicos foram todos internos.

O importante é que, em ambos os casos, os recursos humanos com a requerida capacitação estiveram ou foram preparados de modo a estarem disponíveis para a execução dos projetos. Além disso, os desafios tecnológicos incitavam a equipe a capacitar-se continuamente e, assim, os técnicos vislumbravam a possibilidade de seu desenvolvimento profissional. Isso reforçou o compromisso com os objetivos da organização e atraiu as pessoas com vocação para a inovação, em

que é necessário estarem presentes e potencializadas características pessoais como iniciativa, curiosidade e paixão. Realmente, algo a mais do que um alto nível de capacitação é requerido para que produtos inovadores aconteçam.

6.2. Recursos e infra-estrutura

Em ambos os desenvolvimentos, os recursos físicos foram suficientes em quantidade e qualidade, pois os projetos tinham alta prioridade e existia facilidade em sua alocação. O importante é que o investimento realizado foi feito de modo contínuo, ao longo do tempo, e em quantidade suficiente para criar a infra-estrutura e a massa crítica necessárias para a boa execução dos projetos.

No item “alianças, parcerias e recursos de terceiros” é que os dois casos mais se distanciaram. As modalidades de agregação de recursos de terceiros foram muito aplicadas no Procap, tendo sido feitos várias alianças com fornecedores de equipamentos e insumos, diversos projetos multiclientes e intensa contratação de suporte externo em universidades. Ocorreu grande participação das comunidades tecnológicas nacional e internacional e recursos do Plano Nacional de Ciência e Tecnologia do Setor de Petróleo e Gás Natural (CTPETRO) — Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) / Agência Nacional do Petróleo (ANP) — foram amplamente aplicados. Além disso, estabeleceram-se acordos de cooperação com outras empresas de petróleo, como Shell, BP, Statoil e ChevronTexaco. Pode-se afirmar que o conceito de “empresa expandida”, inicialmente explorado pela Chrysler (JONASH e SOMMERLATTE, 2001), foi plenamente aplicado nesse programa tecnológico. Para a tecnologia de FCC, diferentemente, foi feita uma única aliança estratégica com a Akzo Nobel, e só recentemente se começou a participar de um projeto multicliente do *Particulate Solid Research Institute*, o que demonstra baixa utilização de recursos de terceiros. Isso certamente influenciou o tempo de lançamento dos produtos, que foi menor para o Procap.

Quanto a consultorias e convênios, foram realizados em ambos os casos. No Procap, foram utilizadas poucas consultorias e, preferencialmente, estabeleceram-se convênios com universidades brasileiras e estrangeiras. Na tecnologia de FCC, as consultorias tiveram importância maior.

Um fato interessante é que ambos os grupos tiveram elevado nível de exposição internacional ao longo da execução de seus projetos. Isso é apontado por alguns autores como um aspecto importante para a geração de inovações, pois a convivência multicultural possibilita o contato com novas idéias e abordagens, tornando o profissional mais aberto e crítico (SMITH, 2002; TIDD, BESSANT E PAVITT, 1997; LEONARD-BARTON, 1995). As diferenças devem ser celebradas! Ademais, esse contato dos técnicos com o exterior amplia sua rede de conhecimentos e de cooperação, sendo essencial para o aumento do seu capital social.

6.3. Processos de gestão

A ligação com a estratégia corporativa é essencial para que as inovações e os novos desenvolvimentos tecnológicos venham a alavancar os negócios da empresa. Embora na época em que se iniciaram essas atividades não existisse de modo bem estruturado, o Planejamento Estratégico da Petrobras, os objetivos do negócio e os desafios empresariais estavam claramente colocados, o que deu um foco preciso aos dois programas tecnológicos. Atualmente a tecnologia e a inovação estão inseridas na estratégia da empresa, sendo um dos pilares de sua sustentação. Isso é essencial para a sobrevivência da companhia em um mercado globalizado.

Quanto à liderança e à governança, houve certa diferença entre os dois desenvolvimentos em estudo. No caso do Procap, ocorreu uma liderança forte e ativa de seu coordenador, que esteve presente praticamente todo o tempo, articulando-se interna e externamente e relacionando-se muito bem com os tomadores de decisão da empresa. O Procap propiciou, como programa tecnológico pioneiro, o surgimento de um novo sistema de gerenciamento para um conjunto de projetos prioritários, por meio de uma estrutura matricial. A governança foi estabelecida via fóruns em que se discutiam os desafios tecnológicos e os clientes acompanhavam e priorizavam a carteira de projetos, sendo o embrião do atual Sistema Tecnológico da Petrobras.

No caso FCC, houve um período em que o então diretor do Abastecimento exerceu um papel proeminente para a criação de massa crítica, capacitação e busca de autonomia tecnológica nessa área do conhecimento. Posteriormente, a liderança ficou mais diluída, sendo o processo gerido por fóruns, de acordo com o Sistema Tecnológico Petrobras que estabeleceu um processo sistematizado de geração e gerenciamento dos novos desenvolvimentos. A governança por meio de fóruns foi semelhante à do Procap quanto à gestão dos projetos na área do processo, mas ocorreu de um modo um tanto distinto com respeito aos catalisadores por causa da aliança com a Akzo Nobel. Nessa área, foram criados diversos fóruns de gestão compartilhada, em que a *joint venture* FCC S.A. também tinha assento.

A gestão de projetos de P&D por meio de fóruns com representantes de todos os segmentos envolvidos e a participação ativa dos clientes são muito produtivas, pois facilitam o compartilhamento da visão, a motivação, a homogeneização das informações, além de contribuírem para o foco e a agilização da aplicação dos novos desenvolvimentos, reduzindo o *time-to-market*. Entretanto, cuidados devem ser tomados, pois, como Christensen (2000) demonstrou, a inovação com base apenas nas necessidades do mercado tende a ser reativa e incremental, descuidando-se das novas oportunidades.

Quanto às ferramentas de gestão, em ambos os casos foi aplicado o *software* de gerenciamento de projetos, o GPROJ. O sentimento no corpo técnico é que ele não contribuiu positivamente para inovações, pelo contrário, como todo instru-

mento burocrático ou tentativa de controle, chegou até a atrapalhar. Os controles são muito apropriados para melhorar a produtividade de atividades bem estruturadas e rotineiras, mas sua eficiência, quando aplicadas às atividades de P&D, é duvidosa.

O processo de inovação não é estável nem previsível, requerendo um outro aparato gerencial. O gerente de inovação necessita de arte e sensibilidade. É mais um treinador, que conhece bem o seu time e sabe o que pode extrair de cada integrante de sua equipe. Ser um provocador de idéias, um instigador ao sonho, é a chave do sucesso. A propósito, isso não significa ausência total de controle. No processo de inovação há uma fase divergente e, posteriormente, uma fase em que a racionalidade e o foco são essenciais para que se chegue ao mercado. Uma boa estratégia tecnológica e um bom planejamento do projeto em sua etapa convergente são requeridos.

Quanto à gestão do conhecimento, na época existiam pouquíssimos instrumentos sistematizados e formais. As comunidades tecnológicas faziam circular as informações por meio de seus fóruns técnicos e comitês tecnológicos, de uma forma não muito organizada, embora houvesse veículos de disseminação como os relatórios técnicos, os relatórios de viagens, os artigos técnicos e as atas de reunião. Recentemente foram instaladas as Redes de Inteligência Tecnológica, com vistas a estimular a disseminação e o registro das informações e agregar valor, transformando-as em conhecimento. Contudo, no momento atual a maioria dessas redes ainda não atingiu o pleno funcionamento.

Em ambas as áreas existiam fóruns, nos quais se trocavam experiências e se disseminavam as lições aprendidas e as melhores práticas, tais como: Reuniões de Avaliação de uma instalação *offshore*; Reuniões dos Grupos de Revisão de um projeto de exploração e produção; Encontros da Comunidade de Craqueamento; e Seminários da FCC S.A. O Procap também foi pioneiro na prática do Mapeamento de Competências, internas e externas, o que depois passou a ser amplamente praticado no Cenpes. Outro aspecto um tanto peculiar, na área de FCC, foi que o relacionamento com a Akzo Nobel e a prática de desenvolvimento conjunto de projetos de P&D exigiram nível de documentação e comunicação entre as partes muito mais intenso, criando a cultura de registrar detalhadamente todas as atividades desenvolvidas. Isso ficou evidenciado pela emissão de maior número de documentos em comparação à quantidade que normalmente era emitida pela antiga Divisão de Catalisadores.

6.4. Cidadania organizacional

Os aspectos relativos à cidadania organizacional — salários, sistema de reconhecimento e recompensa, relações de confiança — são críticos para proporcionar as condições mínimas para que um ambiente organizacional seja facilitador da geração de inovações. A pessoa que despende parte consi-

derável de seu esforço mental diário em malabarismos para conseguir pagar as suas contas, dificilmente terá a tranquilidade mental necessária para inovar.

Nesse aspecto, o corpo técnico da Petrobras goza de situação privilegiada. Apesar de os técnicos envolvidos nesses dois desenvolvimentos não terem auferido ganho adicional direto algum por participarem de projetos de alta importância estratégica para a empresa, as condições ditas como higiênicas e de segurança, definidas por Maslow (1970), estavam plenamente satisfeitas. Obviamente o dinheiro sempre pode ajudar e estimular um profissional a ser mais produtivo, a buscar a excelência, mas não parece ser um fator que se correlacione diretamente com a geração de inovações.

Quanto às oportunidades de reconhecimento e recompensa, em ambos os casos elas eram maiores devido ao *status* e à maior visibilidade dos técnicos. Indiretamente, trabalhar em um projeto do Procap ou de FCC significava estar desenvolvendo atividade importante e prioritária, o que ajudava nas promoções ou para a designação como consultor técnico. As oportunidades de viagens para ao exterior também aumentavam por causa da maior articulação internacional. A propósito, o talento vai para onde é reconhecido! É muito importante o empregado sentir-se valorizado.

Por último, a confiança entre os técnicos e as gerências, entre os técnicos e seus pares e entre as equipes estava presente em nível elevado. Havia um sentimento de desafio comum, de busca de liderança tecnológica, que impulsionava a equipe. Em ambiente no qual há muita desconfiança, dificilmente as pessoas se expõem ou estão dispostas a correr risco ou predispõem-se a trabalhar em equipe. Simplesmente as idéias não circulam e não germinam. É essencial que uma idéia, uma vez concebida, seja exposta e criticada de modo a ser aprimorada. A falta de confiança é muito danosa à inovação.

6.5. Valores e cultura

Inovar é correr risco! Quem não quer se arriscar está fadado a ser sempre um mero seguidor, nunca um líder. Geralmente, um novo desenvolvimento que pode resultar em vantagem competitiva significativa tem elevado grau de risco. A organização que se pretende inovadora tem de “suportar o fracasso” (SUTTON, 2001), o fracasso inteligente, como o qualifica Leonard-Barton (1995), aquele que muito ensina.

É claro que as carteiras de projetos de ambos os programas de desenvolvimento estavam balanceadas quanto à probabilidade de sucesso, bem como quanto à facilidade de execução e implementação, de modo que houvesse também bons resultados no curto prazo. O risco era calculado e os bons resultados gerados permitiam que se ousasse mais em alguns projetos. Os casos de falha eram bem gerenciados, com uma postura construtiva, procurando entender por que deu errado e incentivando a busca da solução do problema.

Essa cultura de lidar com a incerteza e aceitar desafios foi essencial para o sucesso dos casos relatados. A colocação do desafio de um modo bem claro serviu como mola propulsora para a busca da inovação, e as incertezas foram gerenciadas por meio de planos de contingências para minimização dos riscos.

A valorização dos empregados tem sido apontada como fator crítico de sucesso em extensa literatura empresarial. O empregado sente-se prestigiado quando é estimulado a participar, suas idéias são cuidadosamente consideradas e sua proatividade é bem recebida. Para uma equipe de P&D, são fundamentais a autonomia técnica e a liberdade para desenvolver hipóteses e soluções. Em seus estudos sobre empresas inovadoras, Kim e Mauborgne (2001) concluem que um fator de sucesso é o reconhecimento pela empresa do mérito intelectual e emocional de seus colaboradores.

Ser o melhor local para trabalhar, como almejam as empresas de visão de longo prazo e pretendentes à liderança de mercado, é ser um local de enriquecimento e desenvolvimento de seu corpo de funcionários. A aprendizagem contínua é outro valor que deve estar presente na organização inovadora. É importante que o empregado sinta que aprender é uma tarefa absolutamente prioritária para sua empresa. Senge (1990) foi quem primeiramente discutiu o conceito da organização do aprendizado (*learning organization*), colocando como aspecto fundamental uma das suas cinco disciplinas, o domínio pessoal, a capacidade pessoal. Em ambos os casos em estudo, o pioneirismo de diversas atividades requeria dos técnicos e gerentes esforço contínuo de aquisição de novos conhecimentos e habilidades. Além disso, está na cultura Petrobras o estímulo ao autodesenvolvimento.

Outro fator importante para a existência de um meio interno inovador é o espírito de equipe, pois geralmente todos os projetos importantes são frutos de uma equipe multidisciplinar que trabalha de modo sinérgico. É claro que há conflitos, pontos de vista distintos, pequenos problemas pessoais e vaidades a serem superadas, mas a visão compartilhada e os desafios comuns devem servir de aglutinadores, direcionando os esforços da organização. A integração da cadeia de inovação, do laboratório ao meio produtivo, não é simples de ser obtida, mas é necessária. Deve-se evitar aquele tipo de projeto segmentado, cujas interfaces são pontos de estrangulamento e em que cada um faz a sua parte e o todo é esquecido. A transferência ao meio produtivo é de suma importância, com pesquisador e projetista acompanhando o teste industrial e a implantação comercial, bem como o pessoal de operação acompanhando e participando do projeto básico. Esse espírito prevaleceu nos dois casos relatados.

Em ambientes incertos e complexos, boa dose de flexibilidade ajuda significativamente para a consecução dos objetivos. Essa é uma qualidade tida como primordial para os inovadores. No universo do Procap, essa qualidade é reconhecida como presente e a equipe sempre demonstrou boa flexibilidade

na busca de novas soluções e possibilidades para a viabilização da produção de petróleo em águas profundas. Na área de FCC, o grupo tem comportamento mais reativo às mudanças, sendo menos flexível. Trata-se de cultura madura e cristalizada, embora tenha sempre respondido bem aos desafios e ameaças impostos a seu negócio. Normalmente, passado o primeiro impacto, as ameaças são percebidas como oportunidades.

Algo a ser mudado na cultura do Cenpes é a dificuldade de encerrar ou mudar substancialmente o rumo de um projeto, o que foi percebido em ambos os casos estudados. Também não é fácil deslocar técnicos de uma atividade para outra. Quase todos os técnicos que atuaram em atividades pioneiras, que geraram inovações, continuam atuando na mesma área, trabalhando agora na sua otimização. Existe boa dose de apego às idéias e forte empenho em concretizá-las, o que acaba contribuindo para a extensão da vida de certos projetos que se mostram pouco promissores. A cultura da substituição de importações, em um período passado, incitou também à síndrome do **temos-de-desenvolver-tudo**, mas, hoje, essa fase foi superada e cada vez mais é feito o uso da capacitação disponível fora da empresa.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente, para obterem vantagens competitivas sustentáveis no mercado global, as empresas necessitam inovar em produtos e serviços. Assim, o número de novos produtos e serviços lançados cresce acentuadamente, mas seu ciclo de vida diminui na mesma proporção, tornando o mercado muito dinâmico e volátil. Consumidores e clientes estão sempre à procura de novidades e de um bom custo-benefício, de serviços interessantes, de melhor qualidade de vida, de um algo mais.

Manter um ritmo constante de inovações não é tarefa fácil, sobretudo num país em que o Sistema Nacional de Inovação é incipiente. Já que o macrossistema não ajuda, cabe às empresas buscarem com mais determinação as oportunidades existentes em seu ambiente de atuação. Para tanto, elas precisam ter a inovação como uma estratégia de negócio e cuidar de seu ambiente interno, de modo a construir um meio inovador.

O estudo desses dois casos de desenvolvimento visou analisar e discutir o ambiente organizacional e seus aspectos facilitadores e inibidores à inovação. Não se pretende que Petrobras seja tomada como um modelo exemplar a ser seguido. Como Gundling (2000) afirma, práticas inovadoras exógenas e copiadas seriam como animais em cativeiro: eles podem sobreviver, serem vistos no zoológico, mas costumam falhar em sua capacidade de procriar, pois estão fora de seu habitat.

Há alguns aspectos abordados que são realmente críticos; por exemplo, a falta de confiança torna o ambiente reativo às inovações. Não existe uma idéia totalmente descartável, assim como não há uma proposta cem por cento correta. As idéias necessitam ser criticadas, trabalhadas e aprimoradas para evoluírem ao ponto de tornarem-se uma inovação. Em ambiente permeado pela desconfiança, qualquer crítica costuma ser encarada como destrutiva e não como uma contribuição. Se o ambiente for muito negativo, aí nem as idéias são expostas. Ademais, é essencial que a aprendizagem seja valorizada e exista espírito de equipe, mantendo-se respeito e bom relacionamento intra-equipes. É bom lembrar, também, que sem recursos estáveis e em quantidade mínima suficiente não há projeto que evolua bem.

Os fatores abordados formam um conjunto favorável à geração de um meio inovador, mas cabe a cada organização construir e aprimorar constantemente o próprio modelo de gestão da inovação, estando atenta aos aspectos citados. ◆

NOTAS

- (1) Completação de poços — fase final da perfuração de um poço, antes de ser entregue à produção.
- (2) Árvore de natal molhada — sistema de controle do poço localizado sobre o solo marinho.
- (3) Plataformas de pernas atirantadas — plataforma fixada ao solo marinho por meio de cabos de aço tensionados.
- (4) Torres complacentes — plataforma de produção apoiada no fundo do mar, a qual apresenta flexibilidade ante as cargas ambientais.
- (5) Poço Slender — configuração de poço em que os revestimentos apresentam menor diâmetro.
- (6) Reação exotérmica — reação em que ocorre liberação de calor para o meio.
- (7) *Riser* rígido em catenária — *riser* que consiste em um tubo de aço preso à plataforma cujo percurso assume a configuração geométrica em catenária. O *riser* de FCC é um reator tubular de fluxo ascendente das unidades de FCC e o *riser* de petróleo é um trecho vertical da tubulação que traz o petróleo do fundo do mar para a plataforma.
- (8) Craqueamento catalítico fluido (FCC) — processo catalítico do refino em que grandes moléculas existentes no petróleo são quebradas, gerando moléculas menores, na faixa dos combustíveis.

NOTAS

- (9) Gasóleo pesado de vácuo — corrente obtida pela destilação do petróleo, na unidade de destilação a vácuo, que necessita ser convertida em frações mais leves, sendo a carga padrão da unidade de FCC.
- (10) Acidez naftênica — característica ácida do petróleo por causa da presença de compostos orgânicos em que um ou a combinação de anéis saturados de hidrocarbonetos têm o radical orgânico (COOH) ligado a um de seus átomos de carbono.
- (11) ZSM-5 — tipo especial de zeólita normalmente usado em aditivos para o sistema catalítico.
- (12) Resíduo de carbono Conradson — método que determina a quantidade de resíduo de carbono após a evaporação e a pirólise de um óleo, indicando propensão relativa à formação de coque.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSAYAG, M.I.; CASTRO, G.; MINAMI, K.; ASSAYAG, S. Campos basin: a real scale lab for deepwater technology development. In: OFFSHORE TECHNOLOGY CONFERENCE, 1997, Houston. *Proceedings...* Houston, USA: OTC, 1997.
- AZEVEDO, F.L. Estudo Solomon 2002: UFCC. In: ENCONTRO TÉCNICO DE CRAQUEAMENTO, 17., 2003, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: Petrobras, dez. 2003.
- BARNEY, J.B. *Gaining and sustaining competitive advantage*. Boston: Addison-Wesley, 1996.
- CASTILLERO, J.A.M.; HERRMANN, C.C.; SCHLOSSER, C.R.; FARIA, J.L.M. *Tecnologia de craqueamento catalítico na Petrobras: análise da sua evolução e da validade econômico-estratégica do seu domínio*. Rio de Janeiro: Conexpo Arpel, 1994.
- CHRISTENSEN, C.M. *The innovators's dilemma*. New York: HarperBusiness, 2000.
- COLLINS, J.C.; PORRAS, J.I. *Feitas para durar*. Rio de Janeiro: Rocco, 1995.
- COLLIS, D.J.; MONTGOMERY, C.A. Competing on resources: strategy in the 1990s. *Harvard Business Review*, Boston, v.73, p.118-128, July/Aug. 1995.
- DOSI, G. The nature of the innovative process. Brighton: DRC Discussion Paper. SPRU, University of Sussex, 1988.
- FUSCO, J.M.; EINSFELDT, M.; MEDEIROS, J.; FREIRE, P.S.; PATRÍCIO JR., N.; TAN, M.H.; RAMOS, J.G.F.; TOREM, M.A. PAC^{RC} — Um marco no processo de craqueamento catalítico fluido. In: ENCONTRO SUL-AMERICANO DE CRAQUEAMENTO CATALÍTICO, 4., 2000, Manaus. *Proceedings...* Manaus: Fábrica Carioca de Catalisadores S.A., ago. 2000.
- GUNDLING, E. *The 3M way to innovation*. New York: Kodanska America, 2000.
- HAMEL, C.; PRAHALAD, C.D. *Competindo pelo futuro*. Rio de Janeiro: Campus, 1995.
- INNOVATION DNA. Disponível em: <<http://www.smarthinking.com>>. Acesso em: 02 jun. 2004.
- JONASH, R.S.; SOMMERLATTE, T. *O valor da inovação*. Rio de Janeiro: Campus, 2001.
- KIM, W.C.; MAUBORGNE, R. Esqueça a concorrência. *HSM Management*, n.24, p.78-86, jan./fev. 2001.
- LEITÃO, D.M. O processo de aprendizado tecnológico nos países em desenvolvimento: o caso da refinação de petróleo no Brasil. *Boletim Técnico da Petrobras*, Rio de Janeiro, v.28, n.3, p.207-218, jul./set. 1985.
- LEITE, L.F.; FUSCO, J.M.; RAMOS, J.G.; MEDEIROS, J.; TOREM, M.A. Novel fluid catalytic cracking technology — excellence in heavy feedstock processing. In: WORLD PETROLEUM CONGRESS, 17., 2002, Rio de Janeiro. *Proceedings...* Rio de Janeiro: World Petroleum Council, Sept. 2002.
- LEONARD-BARTON, D. *Wellsprings of knowledge: building and sustaining the sources of innovation*. Boston: Harvard Business School Press, 1995.
- MASLOW, A.H. *Diário de negócios de Maslow* / Abraham H. Maslow. 1970. Organizado por Deborah C. Stephens. Tradução de Nilza Freire. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2003.
- PENROSE, E. *The theory of the growth of the firm*. London: Basil Blackwell, 1959.
- PRAHALAD, C.K.; HAMEL, G. The core competence of the corporation. *Harvard Business Review*, Boston, v.68, p.79-91, May/June 1990.
- RUMELT, R.P. Towards a strategic theory of the firm. In: LAMB, R.B. (Ed.). *Competitive strategic management*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1984. p.556-570.
- SALIES, J.B. Lessons learned and future challenges for ultra-deepwater: Procap – 3000. In: DEEP OFFSHORE TECHNOLOGY CONFERENCE, 2003, Marseille.

- Proceedings... Marseille, France: DOT Council, Oct. 2003.
- SENGE, P.M. *The fifth discipline: the art and science of the learning organizations*. USA: Boubleday, 1990.
- SMITH, R. Management of innovation: capabilities, social capital e innovation. In: SEMINÁRIO INOVAÇÃO: CRIANDO O FUTURO — PETROBRAS, 2002, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: Petrobras, abr. 2002
- SUTTON, R. As estranhas regras da criatividade. *Revista Exame*, São Paulo, n.749, 19 set. 2001.
- TEECE, D.J. Economic analysis and strategic management. *California Management Review*, Berkeley, v.26, n.3, p.87-110, 1984.
- TEECE, D.J.; PISANO, G.; SCHUEN, A. Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, New York, v.18, n.7, p.509-533, 1997.
- TIDD, J.; BESSANT, J.; PAVITT, K. *Managing innovation*. New York: Wiley, 1997.
- VERGARA, S.C. *Projetos e relatórios de pesquisas em administração*. São Paulo: Atlas, 2000.
- WERNERFELT, B. A resource-based view of the firm. *Strategic Management Journal*, New York, v.5, n.2, p.171-180, 1984.

Technology development in the petroleum industry: the organizational ambient and its enhancing and impairing aspects

Two cases of technological development are presented, which are related to the increase of the Brazilian crude oil production and the search for self-sufficiency in the supply of this important energy source and its refined products. The business context is considered, a background report made and the main results presented of the Technological Programs developed by Petrobras, for Deep Water Crude Oil Production and Strategic Refining, with the focus on the RFCC process. Based on interviews with Program and Project Leaders, Managers, Consultants and Specialists that had considerable participation in these developments, an analysis is made of the internal organizational ambience and the enabling factors that foster the generation of these innovations, using as a format, the aspects traditionally cited in the literature. A comparison between the two cases is shown, with regards to their similarity in relation to these aspects. This analysis describes the organizational ambience, considering the following factors: human factor; resources and infrastructure; management processes; organizational citizenship; culture and values.

Uniterms: innovation management, technology management, knowledge management, technological pathway, knowledge building pathway, learning organization, organizational climate, culture and value, technology development, team management, petroleum industry.

Desarrollo tecnológico en la industria petrolera: el ambiente organizacional y aspectos que habilitan y obstaculizan la innovación

Se presentan, en este artículo, dos casos de desarrollo tecnológico relacionados con el aumento de producción del crudo brasileño y con la búsqueda de la autosuficiencia en el suministro de esta importante fuente de energía y de sus derivados. Se considera el contexto de negocio; se hace un historial y se presentan los principales resultados de los Programas Tecnológicos de Producción de Petróleo en Aguas Profundas y de Tecnologías Estratégicas de Refinación, en lo que concierne a la tecnología de Craqueo Catalítico Fluido de Residuos (RFCC), desarrollados por Petrobras. Con base en entrevistas con coordinadores de programas y proyectos, gerentes, consultores y expertos que tuvieron una participación clave en dichos procesos de desarrollo, se realiza un análisis del ambiente interno de la organización y sus factores habilitadores a la generación de innovaciones, teniendo en cuenta los elementos tradicionalmente referidos en la literatura. También se realiza una comparación entre los dos casos con vistas a comprobar la concordancia respecto a estos aspectos. Para el análisis del ambiente organizacional se consideran los siguientes factores: factor humano; recursos e infraestructura; procesos de gestión; ciudadanía organizacional; valores y cultura.

Palabras clave: gestión de la innovación, gestión de tecnología, gestión del conocimiento, trayectoria tecnológica, trayectoria de construcción del conocimiento, aprendizaje organizacional, clima organizacional, valores y cultura, desarrollo de tecnología, gestión de equipos, industria petrolera.